

**УДК 004.932:616-073.756.8**

**Алхімова С.М., Желєзна В.С.**

**ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРШОГО ПРОХОДУ КОНТРАСТНОЇ РЕЧОВИНИ ЗА  
ДАНИМИ ДИНАМІЧНОЇ КОНТРАСТНОЇ МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНОЇ  
ТОМОГРАФІЇ**

*Національний Технічний університет України «КПІ»,*

*Київ, Янгеля 16/2, 03056*

**Alkhimova S.M., Zhieliezna V.S.**

**DETECTION OF THE FIRST CONTRAST AGENT PASSAGE ACCORDING  
TO DYNAMIC SUSCEPTIBILITY CONTRAST MRI**

*National Technical University of Ukraine "KPI",*

*Kyiv, Yangelya 16/2, 03056*

*Анотація. У роботі розглядаються проблеми, які виникають при визначенні першого проходу контрастної речовини за даними динамічної контрастної магнітно-резонансної томографії.*

*Ключові слова: перший прохід контрастної речовини, рециркуляція, динамічна контрастна магнітно-резонансна томографія.*

*Abstract. In this paper we describe problems, which exist during detection of the first contrast agent passage according to measurements in dynamic susceptibility contrast MRI.*

*Key words: first contrast agent passage, recirculation, dynamic susceptibility contrast MRI.*

**Вступ.** Розрахунок перфузійних характеристик тканин за даними динамічної контрастної магнітно-резонансної томографії (МРТ) базується на принципі центрального об'єму, який вперше був сформульований Meier та Zierler [1]. Принцип центрального об'єму являє собою закон збереження маси відносно до кровообігу в тканині та дозволяє обрахувати кровотік як

відношення об'єму крові до середнього часу проходження:

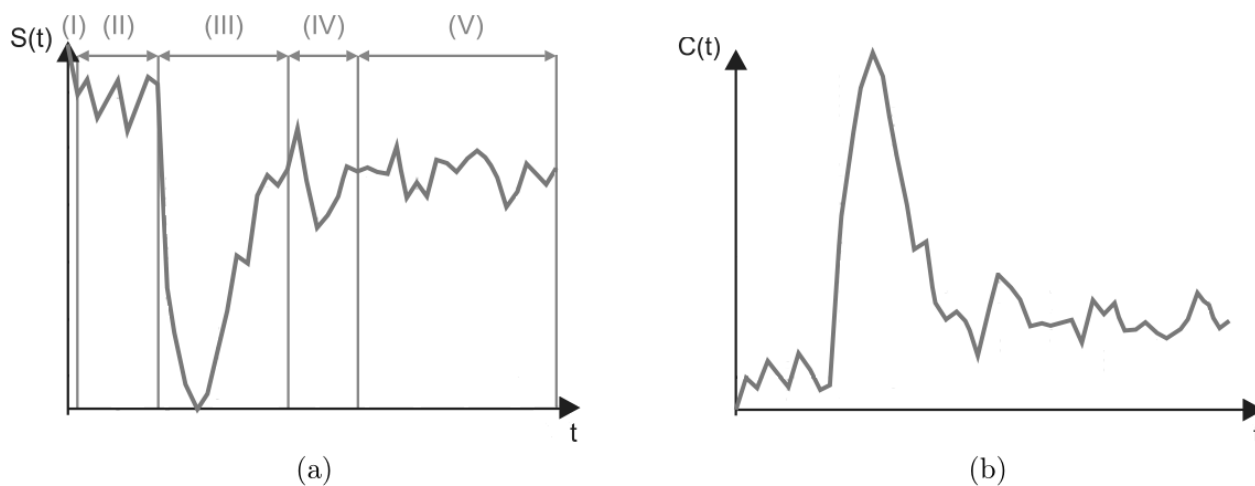
$$BF = \frac{BV}{MTT} \quad (1)$$

де  $BF$  – кровотік (або перфузія), що визначає швидкість проходження певного об'єму крові крізь заданий об'єм тканини за одиницю часу;

$BV$  – відносний судинний об'єм, що визначає об'єм крові в середині судин, розташованих в заданому об'ємі тканини;

$MTT$  – середній час проходження, що визначає середній час, за який кров проходить крізь судинний простір заданого об'єму тканини.

Основні перфузійні характеристики, що наведені у формулі (1), розраховуються за даними зміни концентрації контрастної речовини під час її проходження крізь кровоносну систему. Багаторазова реєстрація томографом однієї й тієї ж ділянки людського тіла до, під час та після введення в кровоносну систему контрастної речовини надає серію зображень перфузійного МРТ-дослідження. Попікселна зміна інтенсивності сигналу на отриманих зображеннях надає відомості щодо кривих залежності концентрації контрастної речовини від часу (рис.1).



**Рис. 1. Типові криві графіків залежності зміни сигналу (a) і концентрації контрастної речовини (b) від часу для динамічної контрастної МРТ**

В дискретному сигналі зміни інтенсивності в часі (рис.1, a) можна виділити п'ять частин: I – сатурація, II – початкова інтенсивність сигналу до введення контрастної речовини (англ. baseline), III – перший прохід контрастної

речовини, IV – рециркуляція, V – виведення контрастної речовини з організму.

Для проведення розрахунків кількісного визначення перфузійних характеристик за допомогою широко використовуваного методу деконволюції необхідною умовою є визначення часових границь першого проходу контрастної речовини. З цією метою визначають моменти часу надходження контрасту та часу початку рециркуляції контрастної речовини.

**Метою даної доповіді** є проведення аналізу та виявлення проблем з метою вдосконалення підходів до визначення першого проходу контрастної речовини за даними динамічної контрастної МРТ.

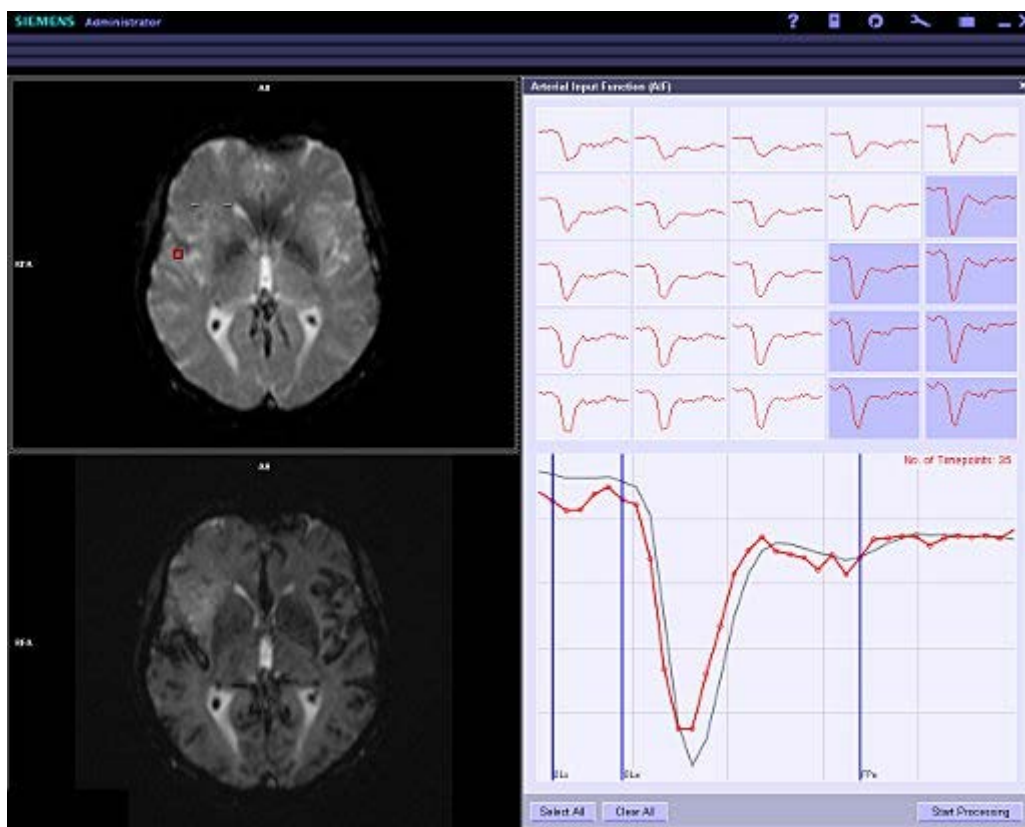
**Задача визначення першого проходу контрастної речовини.** Перфузійні зображення спотворені наявністю на них шумів різної природи, а також мікрозсувами хворого протягом отримання часової серії зображень на одному й тому ж рівні томографічного зрізу. Це призводить до того, що рівень сигналу для кривих зміни інтенсивності з часом, а отже і кривих зміни концентрації, змінюється стрибкоподібно з можливими викидами вздовж часової вісі.

В такий чин, визначення точного моменту часу надходження контрасту, тобто часу, з якого значення концентрації контрастної речовини на кривій її залежності від часу починає зростати, стає проблемною задачею. Для вирішення цієї задачі радиться використовувати момент часу, інтерпольований між точками на кривій, коли зміна інтенсивності досягла за різними джерелами від 10% до 30% розмаху сигналу під час проведеного дослідження. Разом з тим, використовують різні підходи до попереднього згладжування кривих зміни концентрації контрастної речовини в часі [2, 3].

Що стосується завершення першого проходження контрастної речовини, то з деякого моменту часу дані стають спотвореними через посилення сигналу від рециркуляції контрастної речовини в кровоносній системі пацієнта. Найефективнішим вирішенням цієї проблеми на сьогодні є використання апроксимації сигналу гама-функцією. Це пояснюється схожістю форми кривої гама-функції до теоретичної форми кривої зміни концентрації протягом першого проходження контрастної речовини. В такий чин, задача зводиться до

знаходження моменту часу початку рециркуляції контрастної речовини. Використання даних до цього моменту для апроксимації кривої за допомогою гама-функції гарантуватиме відсутність спотворення значень концентрації через рециркуляцію [2, 3].

З сучасними тенденціями до скорочення часу рутинних клінічних досліджень все актуальнішою стає задача автоматизації всього процесу обробки оригінальних перфузійних даних з метою отримання кінцевого результату. Незважаючи на простоту питання автоматизації шагу визначення першого проходу контрастної речовини, сучасне програмне забезпечення від провідних виробників медичного обладнання досі не має стійкого та надійного підходу до його вирішення. Пошук найоптимальнішого проміжку часу в дослідженні, що відповідатиме першому проходу контрастної речовини, все одно потребує візуального контролю з боку оператора. Прикладом графічного рішення для користувача може бути програмне забезпечення фірми Siemens (рис.2), в якому передбачено контроль за знайденим проміжком часу для першого проходження контрастної речовини.



**Рис. 2. Можливість контролю визначення проміжку часу, що відповідає**

**першому проході контрастної речовини, в програмному забезпеченні до  
динамічної контрастної MPT Syngo від фірми Siemens  
(<https://www.healthcare.siemens.com>)**

Слід зауважити, що визначення моменту часу надходження контрастної речовини пізніше дійсного призведе до недооцінки такої перфузійної характеристики, як, наприклад, об'єм крові, а присутність даних рециркуляції болюса призведе до її переоцінювання.

**Висновки.** Автоматизація проведення перфузійних досліджень вимагає комплексних рішень зі стійкими та надійними алгоритмами. Одним із невирішених місць залишається проблема визначення першого проході контрастної речовини за даними динамічної контрастної MPT. Не виникає сумнівів, що сучасні алгоритми потребують вдосконалень.

**Література:**

1. Meier, P. On the theory of the indicator-dilution method for measurement of blood flow and volume / P. Meier, K.L. Zierler // Journal of Applied Physiology. – 1954. – Vol. 6, № 12. – P.731-744.
2. Gall, P. Extraction of the first bolus passage in dynamic susceptibility contrast perfusion measurements / Peter Gall, Irina Mader, Valerij G.Kiselev // Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine. – 2009. – Vol. 22, № 4. – P.241-249.
3. Patil, V. An improved model for describing the contrast bolus in perfusion MRI / Vishal Patil, Glyn Johnson // Medical Physics. – 2011. – Vol. 38, № 12. – P.6380-6383.

Стаття відправлена: 11.03.2015 р.

© Алхімова С.М., Желєзна В.С.